

# Evaluation objective de la dysprosodie des pathologies neurologiques: critères de différenciation diagnostique et suivi longitudinal des prises en charge thérapeutiques

*Bernard Teston, Alain Ghio, François Viallet*

Laboratoire Parole et Langage  
ESA 6057 CNRS Université de Provence  
29 avenue Robert Schuman - 13621 Aix en Provence France  
e-mail teston@lpl.univ-aix.fr

## ABSTRACT

We present a diagnosis aid and therapeutic follow-up method for neurological pathologies in the context of a clinical research project. This method is based on the analysis of prosodic dysfunctions caused by illness. It takes into account the three prosodic parameters : pitch, intensity and duration.

Initial results indicated that the method holds its promise. We are in the process of constructing a knowledge base of numerous patients assessed with this method to enhance its performance.

## 1. INTRODUCTION

Les troubles de la communication verbale, provoqués par des dysfonctionnements neuro pathologiques, représentent un facteur de handicap social de plus en plus déterminant dans l'environnement socio-économique actuel où l'autonomie de chaque individu dépend d'un nombre considérable d'interactions. La conséquence la plus importante de ces troubles se situe dans l'intelligibilité de la parole, souvent dans des conditions de communication nouvelles. Parmi ces troubles, les dysprosodies, bien qu'elles affectent la production vocale, n'ont jamais été traitées en tant que telles, leurs améliorations étant liées à l'état d'évolution de la maladie.

Il apparaît depuis peu, que certains paramètres prosodiques peuvent donner des indications quantitatives pertinentes sur cet état. Nous avons dans ce but déposé et obtenu un projet de recherche clinique (PHRC) présenté par le Centre Hospitalier régional d'Aix, avec pour ambition de développer une évaluation instrumentale multiparamétrique des dysprosodies par atteinte neuromotrice en vue d'améliorer leur prise en charge diagnostique et thérapeutique, incluant la réadaptation fonctionnelle.

Cette investigation doit, au terme du projet, proposer une méthode basée sur l'enregistrement du seul signal de parole microphonique associé à des mesures physiques et statistiques des données cliniques sur micro ordinateurs de type PC. D'une utilisation de routine, cette méthode est non invasive et aisée à mettre en oeuvre en pratique ambulatoire dans la prise en charge des patients (consultation en hôpital de jour). Ce sont les premiers résultats de cette action en terme de développement

méthodologique et de base de connaissances qui sont exposés dans la présente étude.

## 2. LES DYSARTHRIES

On nomme "dysarthrie" l'ensemble des troubles de la parole liés à des perturbations des commandes neuromusculaires des organes mis en jeu dans la production de la parole, dont l'origine est une lésion du système nerveux central ou périphérique. Le terme de dysarthrie comprend donc tous les dysfonctionnements relatifs à la respiration, phonation, articulation et prosodie. Les dysarthries sont schématiquement caractérisées de certains symptômes associés aux grandes familles d'affections neurologiques ayant une influence plus ou moins grande sur la production de la parole : rigidité, incoordination, paralysie, et spasmes. Il est donc légitime de chercher à les analyser objectivement dans le but de permettre une aide au diagnostic ainsi qu'un suivi thérapeutique longitudinal. Ceci d'autant plus, que l'acte de parole est au plan des programmations et coordinations neuromotrice plus complexe que la marche ou la préhension, traditionnellement décrites comme évaluateurs des niveaux de pathologie. On reconnaît schématiquement trois grandes classes de dysarthries :

Les dysarthries hypokynétiques qui se caractérisent par une réduction de la dynamique des mouvements [Gent95].

Les dysarthries ataxiques qui provoquent la perte de la coordination des mouvements.

Les dysarthries paralytiques qui sont des paralysies provoquées par l'atteinte dégénérative des motoneurons.

## 3. L'EVALUATION DES DYSARTHRIES

L'évaluation des dysarthries se fait à l'écoute du patient en portant son attention sur les aspects caractéristiques de la production de sa parole. On s'attache particulièrement à la netteté et la précision des voyelles et des consonnes, à la réalisation de groupe de consonnes (coarticulation). La prosodie est étudiée à travers la facilité du discours, la longueur des pauses, les changements de rythme et dans son maintien au niveau mélodique ou accentuel. La voix est surtout évaluée au niveau de son souffle et de sa stabilité à moyen terme (tremor). On peut objectiver l'évaluation des dysarthries au moyen de mesures physiques sur les paramètres acoustiques, aérodynamiques et kynésiographiques de la production de la parole.

## 4. PROBLEMATIQUE GENERALE

### 4.1 L'évaluation des dysprosodies

Il apparaît de ce rapide descriptif des différents moyens d'évaluer les dysfonctionnements articulatoires que les paramètres prosodiques, mélodie, accent et débit vocal (rythme pause et débit) présentent un bon compromis entre leur facilité de capture, de mesure de représentation, et leur correspondance à l'état pathologique.

En pratique clinique, l'ensemble des échelles d'évaluation accorde dans la parole une place croissante à l'analyse des dysprosodies. Mais la description pragmatique reste globale et qualitative en l'absence de variables instrumentales plus élémentaires et validées, se prêtant mieux à une analyse quantitative.

La prise en charge actuelle des affections neurologiques nécessite une évaluation diagnostique précise conduisant à catégoriser les patients dans des classifications nosologiques, dont les frontières, souvent mal définies, évoluent avec la progression des connaissances en neurobiologie. A l'analyse clinique traditionnelle sont ainsi venus s'ajouter divers critères de classification de nature instrumentale, basés sur les données de l'imagerie cérébrale fonctionnelle et anatomique, de la pharmacologie ou encore de la biologie moléculaire et de la génétique.

Certains processus neurologiques, comme la maladie de Parkinson ou l'ensemble élargi des syndromes parkinsoniens qui comportent dans leur expression clinique commune une dysprosodie, restent encore de bons candidats à une analyse instrumentale du symptôme en question, en vue d'une classification plus discriminante que celles obtenues sur la base du seul critère clinique en l'absence d'informations pertinentes disponibles à partir des autres critères instrumentaux (imagerie, biologie moléculaire, données neuro-pathologiques).

Les approches thérapeutiques à visée symptomatique nécessitent aussi, pour être évaluées objectivement, une représentation quantifiée du symptôme-cible: il en est ainsi, dans le contexte des troubles de la production vocale, par exemple, pour la prise en charge en rééducation des dysprosodies parkinsoniennes ou pour le traitement par injection de toxine botulinique des dystonies laryngées et oro-mandibulaires.

Un grand nombre d'études descriptives ont été consacrées à l'analyse des dysprosodies au cours de diverses affections du système nerveux central (Kent et Rosenbek [Ken82]). Elles ont surtout porté sur les dysprosodies hypokynétiques. Les études sur la mélodie ont montré des résultats souvent contradictoires, en particulier dans la maladie de Parkinson. La Fo augmente avec la sévérité du trouble chez Herlich et Ackerman [Her93], et Ludlow et Bassich [Lud83].

Elle diminue par contre chez Canter [Can63] et de nombreux autres auteurs. D'une manière générale, on

observe une plage de variation de la Fo nettement plus réduite responsable d'une parole monotone (Weismer [Wei84]). La vitesse d'élocution varie également dans de grande proportion. Elle est très ralentie avec des pauses longues pour les dysarthries ataxiques. Chez les parkinsoniens en revanche elle est caractérisée par une accélération du débit avec des anomalies de la segmentation rythmique (Darkins et al [Dar88], Caekebeke et al, [Cae91], mais ces résultats sont très variables, Volkman et al [Vol92], trouvent même une lenteur de parole chez tous les patients parkinsoniens. Toutes ces études estimables sont cependant entachées par de nombreux travers. Elle sont d'une manière générale très parcellaires, établies sur des populations souvent restreintes aux symptômes cliniques parfois mal définis. Elles manquent d'homogénéité dans le choix des paramètres pertinents et surtout des méthodes d'évaluation qui sont rarement bien maîtrisées.

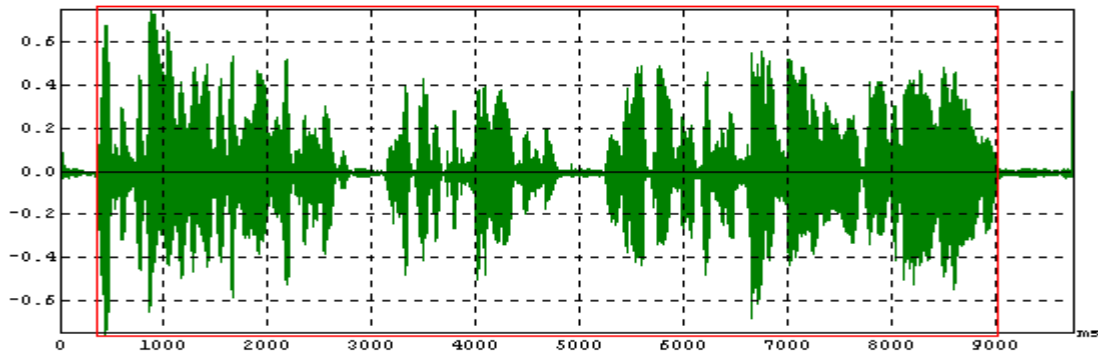
### 4.2 Méthodologie

Dans le souci de pouvoir mener les évaluations de la dysprosodie de la parole de la manière la plus aisée et la plus conviviale possible par un personnel médical ou para médical non spécialiste nous les avons intégrées sous la forme de programmes dédiés à la station EVA d'aide au diagnostic et à la rééducation des pathologies de la voix et de la parole (Teston et Galindo [Tes95]). Ce matériel d'investigation clinique dans les domaines de l'ORL et la neurologie, maintenant bien stabilisé après plusieurs années de mise au point et de tests d'utilisation est devenu un standard dans l'évaluation des dysphonies. DIANA en est un dérivé plus simple basé exclusivement sur l'analyse du signal de parole. Il fonctionne sous la forme de station de travail sur PC dans l'environnement WINDOWS dont les différentes fonctions se présentent sous la forme d'applications dédiées à un problème clinique particulier.

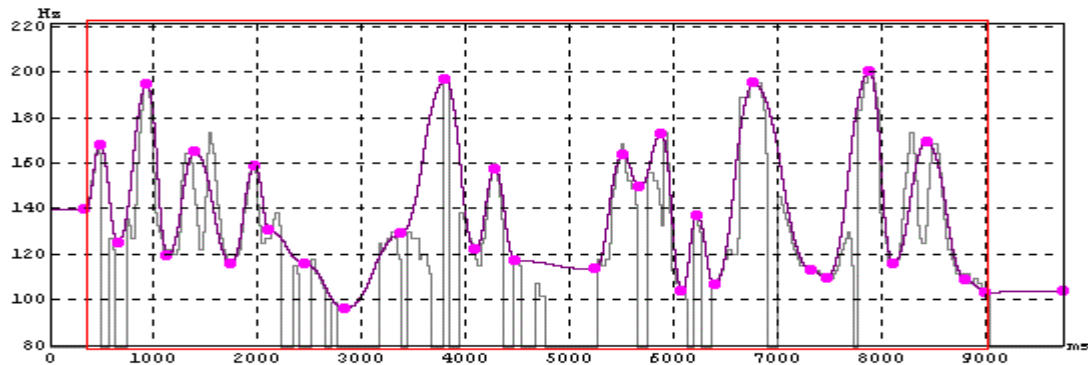
L'application à l'étude de la dysprosodie est basée sur la mesure et l'interprétation des trois paramètres prosodiques ; mélodie, intensité et durée sur des phrases types lues par les patients ou répétées selon un modèle. Il est possible d'utiliser de la parole spontanée mais les résultats étant très dépendants du support d'élocution il est conseillé d'en conserver le même type pour des études comparatives. La durée moyenne des phrases lues est de l'ordre d'une minute pour une évaluation pertinente. Sur ces supports d'élocution sont calculées des représentations graphiques et statistiques sous forme de graphes aisément interprétables ainsi que des indices chiffrés : moyenne, mode, écart type, coefficient de variation, dynamique Min-Max.

La Fo est calculée au moyen d'une méthode AMDF sur une durée de 30 ms et un pas de 10 ms, après détection du voisement par filtrage passe bas et détection des passages par zéro. Cette méthode a été choisie pour sa bonne robustesse au timbre souvent dégradé des voix pathologiques et sa précision. La courbe de Fo obtenue est modélisée au moyen de la méthode MOMEL (Hirst et Espesser [Hir93]). Elle est basée sur la détection de

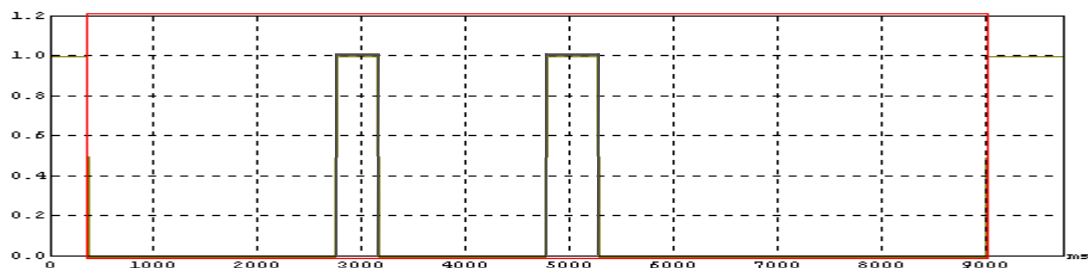
Oscillogramme



Fréquence fondamentale modélisée



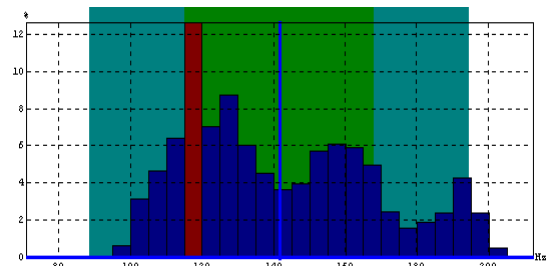
Détection des pauses silencieuses



Statistiques F0

	Fréquence	½ tons
Moyenne	141.7 Hz	Do#2
Mode	[115.0 120.0] Hz	Sib1
Ecart-type	26.6 Hz	3.0
Coeff. de variation	18.8 %	
Min	97.6 Hz	So11
Max	200.7 Hz	So12
Dynamique	103.1 Hz	12.5

Histogramme F0



Statistiques des pauses silencieuses

	Pause	Signal	Total
Temps cumulé (sec.)	0.9000	7.750	8.650
Répartition	10.4 %	89.6 %	100 %
Nb.	2	3	5
Durée moyenne (sec.)	0.450	2.583	1.730

Exemple d'analyse prosodique sur l'énoncé : " M.Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres. Il les perdait toutes de la même façon. Un beau matin, elles cassaient leur corde, s'en allaient dans la montagne et là-haut le loup les mangeait... ". **D'autres exemples peuvent être consultés sur le CD-ROM.**

points cibles qui correspondent aux variations locales pertinentes de la courbe mélodique, reliés par une interpolation de type spline quadratique. Ses variations correspondent alors au profil suprasegmental de la phrase dans lequel n'interviennent pas les variations micromélodiques et les interruptions dues aux dévoisements. Ce profil représente donc la courbe de programmation mélodique de la phrase. Les analyses statistiques sont réalisées sur les données modélisées, les parties présentes dans les pauses silencieuses en sont exclues. Deux distributions sont représentées : celle des valeurs de Fo et celle des valeurs de variation entre les points cibles.

La courbe d'intensité est représentée par la valeur efficace de la pression acoustique en dB avec un pas de 10 ms. La encore elle est modélisée sous la forme de points cibles détectés sur les min et max d'énergie, les traitements statistiques étant identiques à ceux de la mélodie.

Le paramètre de la durée est basé sur le traitement des pauses à partir de l'énergie de la pression acoustique des zones silencieuses ou bruitées du signal. Seules les pauses silencieuses sont identifiées. La distribution des pauses de la phrase est présentée avec les mêmes caractéristiques que précédemment. Les données numériques fournissent le temps cumulé des pauses, du signal, leur répartition, leur nombre et moyenne.

## 5. CLASSIFICATION CLINIQUE ET CHOIX DES CRITERES

Les informations données par les paramètres prosodiques de cette application sont en voie de validations sur un grand nombre de patients dans le cadre d'un contrat de recherche clinique (PHRC) du ministère de la santé. Nous avons déjà mené une étude sur l'évaluation de l'efficacité des traitements par la L-Dopa sur des patients parkinsoniens (Lagruet al [Lag99], Meynadier et al [Mey99]). Une étude est en cours sur l'influence prosodique de la stimulation sous thalamiques dans la même affection.

Les trois paramètres prosodiques ont souvent, dans les maladies neurologiques, des perturbations corrélées. Cependant, pour le suivi thérapeutique, la dynamique vocale ainsi que le déplacement de la distribution de la Fo semblent donner dans l'état actuel de nos investigations les informations les plus pertinentes. La modélisation des points cibles mélodiques est également performante pour l'évaluation de l'état ou de l'évolution des dysarthries hypokinétiques. Nous étudions actuellement ses performances comparées avec la modélisation de l'intensité. Cette dernière est par contre très utile pour l'évaluation des tremblements de diverses origines (Tremor). Enfin, la distribution des pauses semble être un bon indice d'évaluation des dysarthries ataxiques. La combinaison des trois paramètres doit nous permettre de distinguer des états cliniques proches mais d'origines différentes ainsi que l'évaluation de l'efficacité thérapeutique des divers traitements proposés. Cependant, cela ne pourra être possible qu'après l'application de connaissances que nous ne maîtrisons pas encore. Ceci est

l'objectif de la base que nous sommes en train de constituer au moyen de la méthode que nous venons de décrire et qui contient déjà trois cents patients.

## BIBLIOGRAPHIE

- [Cae91] Caekebeke, J.F.V., Jenneken-Schinkel, A., Van Der Linden, M.E., Buruma, A.J.S. & Roos, R.A.S. (1991). The interpretation of dysprosody in patients with Parkinson's disease, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, Vol. 54, pp 145-148.
- [Can63] Canter, G. J. (1963). Speech characteristics of patients with Parkinson's disease: Intensity, pitch and duration, *J. Speech Hearing Des.*, Vol 28, pp 217-224.
- [Dar88] Darkins, A.W. & Fromkins, V.A., Benson, D.F. (1988). A characterization of the prosodic loss in Parkinson's disease, *Brain Lang.*, Vol. 34. pp 317-327.
- [Gen95] Gentil, M., Pollak, P. & Perret, J. (1995). La dysarthrie parkinsonnienne, *Rev. Neurol.*, vol 151, n°2, pp 105-112.
- [Hir93] Hirst, D. & Espesser, R. (1993). Automatic modelling of fundamental frequency using a quadratic spline function, *Travaux de l'Institut de Phonétique d'Aix*, vol 15, 71-85.
- [Ken82] Kent, R. D. & Rosenbek, J.C.(1982). Prosodic disturbance, *Brain Lang.*, Vol. 15, pp 259-291.
- [Lag99] Lagruet, B., Mignard, P., Viallet, F. & Gantcheva, R. (1999). Voice and Parkinson disease : A study of pitch, tonal range and fundamental frequency variations, *ICPhS 99 San Francisco*, vol 9, pp 1811-1814.
- [Lud99] Ludlow, C.L., Connor, N.P. & Bassich, C.J. (1987). Speech timing in Parkinson and Huntington's disease. *Brain Lang.*, Vol. 32, pp 195-214.
- [Mey99] Meynadier, Y., Lagruet, B., Mignard P. & Viallet, F. (1999). Effects of L-Dopa treatment on the production and perception of parkinsonian vocal intonation, *Parkinsonism and Related Disorders* 5, Vancouver, S121.
- [Tes95] Teston B. & Galindo B., (1995). A diagnostic and rehabilitation aid workstation for speech and voice pathologies, *Eurospeech 4*, European Speech Communication Association, Madrid, sept. Vol. 95, pp 1883-1886.
- [Vol92] Volkman, J., Hefter, H., Lange & H. W., Freund, H. J., (1992). Impairment of temporal organization of speech in basal ganglia diseases, *Brain Lang.*, Vol. 43, pp 386-399.
- [Wei84] Weismer, G., (1984). Acoustic description of dysarthric speech : Perception correlates and physiological inferences, In : *Rosenbeck, C. J. (ed), Seminar in speech and language*, Thieme Stratton, New York, p 324.